

## 「政策形成における数理モデルの利用： 新型コロナウイルス感染症への対応を事例として」

(公財) 未来工学研究所 主席研究員 依田 達郎

### 報告概要

新型コロナウイルス感染症は中国で2019年12月に発生し、以降急速に世界に拡大した。2020年1月16日には日本で最初の感染事例が発見された。WHO（世界保健機関）は1月30日に緊急事態宣言を発出し、3月11日にはパンデミック（世界的な大流行）と宣言した。感染症の拡大には地域的・民族的な抗体の獲得状況やウイルスの変異、人々の動き（頻度や距離、場所）や行動の態様・接触状況、背景にある社会的・文化的・経済的な相違など複雑な要素が関係する。今回の新型コロナウイルス感染症への対応において、政府などにおける政策検討の過程で日本と英国等でどのような数理モデル（感染者数等の予測に関するもの）がどのように利用されたかを比較することで、数理モデルを使った政策分析が、より優れた政策の立案等にどのような貢献をすることが可能か、それをより効果的に行うためにはどうしたらよいか（専門家活用の仕組み、体制など）等の示唆を得ることを目的として本調査を実施した。本調査から得られた主な知見は以下のとおりである。※調査は2021年9月まで実施したが統計数字は更新した。

#### ○COVID-19による感染者数、死亡者数の国別の相違

2022年3月29日現在、これまでの世界のCOVID-19の感染者数は合計で約4億8205万人、死者数は約613万人である。過去28日間の感染者数は世界で約4517万人、死者数は約18万人であり、収束しているとは言えない状況である。他方、ワクチンの開発が成功し、2021年以降先進国から先行し、世界でワクチン接種が進んできており、2022年3月29日現在でこれまでに世界で約108億9598万回のワクチン接種（回数ベース）が行われてきた

2022年3月29日現在でのCOVID-19の感染者数、死亡者数の合計数と10万人当たりの数値、死亡者数/感染者数の割合等のデータを国別で比較した。10万人当たりの感染者数、死亡者数の世界の平均値はそれぞれ6160人、78.6人である。日本は5043人と22.0人であり、死亡者数についてはかなり少ない。米国と英国は10万人当たりの感染者数・死者数はそれぞれ23930人・293人、30479人・242人である。米国、英国のどちらも日本に比べ感染者数、死亡者数がかかなり多い。また、ペルーは感染者数に比して死者数が極めて大きく、ボスニアヘルツェゴビナ、ブルガリア、ハンガリー、ブラジル等では10万人当たりの死者数が大きい。このようにCOVID-19の感染状況、死亡者の状況は国別に大きな違いが見られた。

#### ○感染症疫学数理モデルとCOVID-19対策との関係

本調査の背景にある基本的な考え方は、エビデンス重視の政策策定（EBPM: evidence-based policy making）は政策の適切性や質を高めるものであるが、その実施のためには、質の高いデータの収集整理分析とともに、数理モデルの利用が重要であるというものである。エビデンスは数値データだけではなく、数理モデルの適用は困難な定性的データも含むが、数量データとその論理関係に基づき構築された数理モデルによる分析の適切な反映は、EBPMの履行のためには重要と考える。本調査は作業仮説として「数理モデルを利用することはEBPMの実施の程度を高め、政策の質を高める。換言すれば、数理

モデルの利用と、感染者数を抑えることの成功度とは因果関係がある」と考えた。他方、研究開始から1年経って分かってきたことは現実には予想以上に複雑であり、数理モデルの活用とCOVID-19抑制政策の質（内容やタイミングの適切性）の間におけるクリアカットな因果関係などの関係性を抽出することは現時点では困難である。各国の国民性の違いから抑制的な行動の順守の困難さの相違、マスク習慣の有無の相違、各国の地域の違いや国境管理政策の違い等に起因する相違も存在する。

#### ○感染症対策における疫学数理予測モデルの活用と関わる日本と英国の有識者助言体制の相違

日本では政府のCOVID-19対策策定についての専門家からの助言は、厚生労働省の「新型コロナウイルス感染症対策アドバイザリーボード」、内閣官房の「新型コロナウイルス感染症対策専門家会議」「新型コロナウイルス感染症対策分科会」などの仕組みを通じて行われ、そこでは感染者数予測のための数理モデル等が利用されてきた。日本で感染症数理モデルが政策策定に利用されたのはCOVID-19が初めてのケースであったとされる。COVID-19への対応において感染症疫学数理モデルによる知見が抵抗にはあったものの専門家会議で取り上げられ議論されたことについて、中心的役割を果たした西浦博教授は著書（西浦・川端（2020））で非常に肯定的に捉えており、「これまで日本で感染症対策の専門家が政策の中核に入ったことはなく、今、画期的なことが起ころうとしている、と率直に感じられた」（52頁）と語っている。

それに対して、英国には、非常時に複数の省庁間で政策立案する内閣府ブリーフィンググループ（通称COBR）があり、緊急時は、関係省庁がとる対応の調整機関として働く危機管理委員会（SAGE）がCOBRに設置される。SAGEは科学的な見地からCOVID-19拡大防止策への助言を行っている。SAGEの傘下には、5つの異なる専門分野チームが存在し、そのうちの 하나가、数理モデル専門家チーム（Scientific Pandemic Influenza Group on Modelling (SPI-M)）である。SPI-MはCOVID-19のために初めて設立された組織ではなく、これまでも数年の実績がある。43名の数理モデルの専門家（LSHTM（ロンドン大学衛生・熱帯医学大学院）、インペリアル大学、マンチェスター大学、ケンブリッジ大学、英公衆衛生庁等）から構成される。

#### ○専門家会議等で検討されたモデルの相違

日本の専門家会議で検討されたモデルの基本はSIRモデルであったのに対して、英国で検討されたモデルはエージェントベースモデル（ABM）等を含み、学校休校、社会的距離の確保、家庭への隔離、70歳以上の者の社会的距離の確保といったより多様な施策をモデルに取り込んだものであった。このABMは既に2006年のパンデミックの感染者数の地域的な拡大のシミュレーションモデルとして開発され、それを修正して発展させたものだった。このようなモデルの開発には数十人の研究チームでの取組や、数百万人の個別主体の移動・接触をシミュレートするため高速の計算能力を要する。

新型コロナウイルス感染についての数理モデルの論文は英国の研究者グループによりかなり早い時期から発表され、英国の政策決定に影響を及ぼした。特に、SPI-Mの主要メンバーであるインペリアル・カレッジ・ロンドンとロンドン大学衛生熱帯医学大学院は、感染症パンデミックと同様に新型コロナ対応初期の段階からの数理モデルにおいて中核を担い、英公衆衛生庁の専門家チームによる数理モデル専門家チームとも協力しながら分析データをSAGEに報告している。英国政府は2020年3月23日に大規模なロックダウンを導入し、それまでの集団免疫獲得政策を転換させたが、その決断においてもインペリアル・カレッジ・ロンドンとLSHTMらの専門家チームから提出された数理モデルの影響力が大きかったことが分かっている。

## ○感染症数理モデルの知見の政治家の認識、政治家による政策説明への影響

専門家（数理モデル等）→専門家（感染症全般）→大臣→総理大臣と、数理モデルへの言及の程度は上の階層になればなる程少なくなると考えられる。その少なくなる程度はどのくらいなのだろうかを会見録から確認した。内閣総理大臣であれば新型コロナ感染症関連だけについて発言する訳ではなく、また、政策の検討状況や分析内容について細かく説明するよりも、決定した政策の内容やそれが人々の生活にどのような影響を与えるか、影響を受けた人々や産業等をいかに補償するか、などについての説明の割合が多くなるのは当然である。また、政治家であれば、その個性や経歴も発言内容には当然影響する。具体的には安倍総理大臣の会見録では数理モデルの利用について以下の言及があった。

- ・ 西浦教授ら専門家の数理モデルについての言及があった（2020年4月7日）。人と人との接触機会を8割減少し、2週間後に感染者数を減少方向に転じさせることが可能との内容。また、「実効再生産数」について総理会見で言及があった（2020年5月4日）。5月末までに一日あたりの新規感染者数を100人以下まで減らすとの説明があった（会見時点では200人）。

## ○日本の感染症数理モデルへの研究資金配分・専門家育成状況

大日・菅原（2009、61頁）によれば、諸外国では国家プロジェクトとして数百億円の予算規模で、スーパーコンピュータを数台も駆使して感染症数理モデルの開発がされているのに対して、日本では新型インフルエンザの数理モデル開発のための政府予算は殆どなかったとのことである。ただし、米国や英国と比較すれば研究予算規模は小さいとみられるが、2010年代の中ごろからは感染症の数理モデルに関連する研究に対して、厚生労働科学研究費や科学研究費助成事業（科研費）の助成は多くなってきていた。2000年度以降に科研費で助成金を受けた研究課題を確認したところ、読み取れることは以下である。

- ・ 感染症数理モデルを研究する研究者は限られていると言われるが、過去20年間で感染症の数理モデルに関連する研究課題で科研費を受領したことのある研究者は数人というよりは数十人である。ただし、科研費課題として取り組んだことがあっても現在まで継続してそのテーマを研究しているとは限らない。
- ・ 感染症の数理モデルに関連する科研費の研究分野は数学一般（含確率論・統計数学）が多い。その場合、数学者が応用数学のテーマとして研究している。数学者による研究と比較すると、医学や公衆衛生学分野の研究者による研究課題は比較的少ない。我が国において、医学や保健、公衆衛生学においてこれまで主要な研究分野として位置づけられてこなかった可能性がある。
- ・ 基盤研究Cのテーマで300～500万円程度の課題が多い。大きな規模のものでも複数年で2千万円弱である。米国などで行われるというようなスパコンの使用を要する大規模予算を要する研究は行われていない。また、エージェントベースモデルで大規模な計算を要するような研究も数少ないとみられる。
- ・ 英国などで新型コロナウイルス感染症後の数理モデルの協力的な研究体制を構築する動きが現在もみられるが、そのような協力体制の構築を支援するような資金配分はこれまでのところみられない。

## ○日本の感染症数理モデルの専門家の活用状況

感染症の数理モデルに関連する研究課題で科研費の助成を受けたことのある研究者について、研究課題が継続している期間を 2000 年度以降について調べた。読み取れることは以下である。

- ・ 新型コロナウイルス感染症が発生・拡大した 2019 年度において研究活動が継続していると考えられる研究者でそれまでに複数年にわたって科研費助成を受けて研究していた研究者数は多くない。
- ・ COVID-19 対策において感染症専門家として数理モデルによる分析で注目を集めた西浦博教授は医学の疫学分野の研究者としてのキャリアを持ち、複数の科研費助成（同時期に助成を受けていたものも含む）を受けて研究してきた数少ない研究者であった。
- ・ 数学者が応用数学のテーマとして研究を実施している場合には医学関係者、公衆衛生関係者とのネットワークが少ないか、殆どない可能性がある。従って、数学分野での応用的な研究成果が公衆衛生学の専門家や研究者が行うリアルタイムの分析等にとっては役立っていない可能性がある（実務に使うには高度すぎる数学的な知見などが中心となっているとみられるため）。新型コロナウイルス感染症のような危機時の対応において両者が協力して研究成果を活用した貢献をすることを想定することも難しい可能性がある。

日本では理学部（一部は工学部）の数学者と、医学部の疫学の先生（医学部出身者）の連携に問題があるのではないかとみられる。数理モデルとして解析困難な問題があるよりは、数理モデルのパラメータをその時点で利用可能な疫学データを用いてどのように推定するかという統計数理的な問題が大きく、医学的な知識がより重要となる。

この点について、英国では根本的に日本と違う点があり、大学内に公衆衛生（Public Health）の規模の大きな学部や研究所があり、そこで数学者と医学部が連携できる土台ができています。SPI-M のメンバーの数学者は、殆どが公衆衛生や感染症疫学センターなどライフサイエンスに分類される学部や研究所の所属の方である。アメリカでもおそらく似たような状況ではないかと思われる。

#### ○感染症数理モデル研究の拠点形成

英国政府は、2021 年 2 月下旬には、出口戦略として中長期的な指針を国民に示すために必要となる、より学際的な視点も含めた疫学数理モデルの研究を促進させるべくジュニパー・コンソーシアム（Joint Universities Pandemic and Epidemiological Research Consortium）など大規模な研究拠点の構築を行っている。2021 年 2 月 18 日、公的研究助成機関である UK Research and Innovation（UKRI）は、英国の 7 つの大学（ブリストル大学、ケンブリッジ大学、エクセター大学、ランカスター大学、マンチェスター大学、オックスフォード大学、LSHTM、ウォーリック大学）の主要な統計モデルの研究者らを参集し、ジュニパー・コンソーシアムと命名し、新たに 300 万ポンドの研究資金を投下している。

日本では新型コロナウイルス感染症発生に関連する研究課題は採択されているが、特にそれまでと比較して規模（配分金額、研究者チームの人数規模）が大きくなっているようには見えない。他国（英国など）と比較した時に COVID-19 対応のファンディングは速やかに適切に対応できているのだろうか疑問が残る。上記のように英国では大規模な資金配分と、SAGE の数理モデルの分科会に属する研究者（英国の様々な大学に所属）をメンバーとするような大学間組織の設置が決定されたがそのような動きはみられない。

以上